

DOI: 10.7672/sgjs2022050001

基于 BIM 的地铁施工设备物资精细化管理系统*

张楠¹, 何敏¹, 孙有恒², 郭雪卿³, 胡振中³

(1. 中铁建华南建设有限公司, 广东 广州 511400; 2. 广州地铁集团有限公司, 广东 广州 510000;
3. 清华大学深圳国际研究生院, 广东 深圳 518055)

[摘要] 针对广州地铁工程项目物资采购供货时限长、物资价格高、响应速度慢等问题, 研发基于建筑信息模型的地铁施工设备物资精细化管理系统, 可通过 PC 端、Web 浏览器和移动设备使用, 实现设备物资计划报送、进/退场报审、出入库管理, 生成设备物资管理清单等功能, 满足建设方、总承包方、监理方等各方协同工作需求, 提高物资报审准确率, 降低施工成本, 提升施工过程的信息化管理水平。经验证, 本项目自主研发的管理系统可大幅提高广州地铁项目施工管理水平, 并且通过简单调整即可用于其他大型施工项目, 有很强的可拓展性。

[关键词] 地铁; 建筑信息模型; 设备物资; 精细化管理

[中图分类号] TU713

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2022)05-0001-04

Fine Management System of Subway Construction Equipment and Materials Based on BIM

ZHANG Nan¹, HE Min¹, SUN Youheng², GUO Xueqing³, HU Zhenzhong³

(1. China Railway Construction South China Construction Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 511400, China;
2. Guangzhou Metro Group Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000, China;
3. Shenzhen International Graduate School, Tsinghua University, Shenzhen, Guangdong 518055, China)

Abstract: In order to solve the problems of long procurement and supply time limit, high price and slow response speed in Guangzhou subway project, a fine management system of subway construction equipment and materials based on building information modeling is developed to meet the needs of builders, general contractors, supervisors and other parties to work together, improve the accuracy of materials application, reduce construction costs, and improve the information management level of the construction process. It has been verified that the self-developed management system of this project greatly improves the construction management level of Guangzhou subway project, and can be used in other large-scale construction projects through simple adjustment, which has a strong expansibility.

Keywords: subways; building information modeling (BIM); equipment and material; fine management

0 引言

大型工程项目建设过程中, 设备物资种类繁多, 成本占比较大, 实现高效、数字化的设备物资管理往往是工程管理重中之重, 也是精细化管理的关键。近年来, 面对城市人口不断增长的压力, 为解决城市公共交通运输问题, 地下轨道交通进入蓬勃发展阶段^[1]。由于地铁项目建设规模较

大、涉及专业众多、施工工况复杂且施工顺序频繁变更^[2], 导致地铁工程设备物资管理更加困难。通常情况下, 物料在大型工程项目中的成本占比 $\geq 50\%$, 因此设备物资管理是地铁项目成本管理的重要环节^[3]。

地铁项目建设过程涉及土建、机电等多领域协同施工, 导致物料种类繁多^[4], 传统人工填表录入方式不仅效率极低且易出错, 造成工期延误或物料数量不符合生产要求等问题。因此, 本文通过引入 BIM (building information modeling) 技术实现设备物资计划管控, 提高物料管理准确率和效率, 以保证工程项目正常运转。

* 国家自然科学基金(51778336)

[作者简介] 张楠, 高级工程师, 硕士, E-mail: 252314358@qq.com

[通信作者] 胡振中, 副教授, 博士生导师, E-mail: huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

[收稿日期] 2021-12-06

1 设备物资精细化管理方法研究现状

1.1 BIM 技术

BIM 技术即建筑信息模型,该技术的载体是建筑模型,可收集和處理建设项目各种信息与真实数据,并通过可视化的应用指导相关建设项目施工和设计管理。该技术主要应用于工程设计和管 理,在参数模型中整合各项目的相 关信息,共享和传递项目运行、维护和规划过程,使技术人员能正确了解建筑全生命周期的各类信息,并对相关问题制定有效应对措施,对节约成本、缩短工期、提高生产效率具有极其重要的作用^[5]。

国外建筑行业竞争比较激烈,在部分发达国家,BIM 技术的发展已经非常成熟,熟练应用 BIM 技术已成为提升企业竞争力的重要因素^[4]。我国针对 BIM 技术的研究处在蓬勃发展阶段,许多大型建筑项目,如国家体育馆、青岛海湾大桥等施工建设及运维管理均应用 BIM 技术,以提升整个项目的整合度^[6]。

1.2 基于 BIM 的设备物资精细化管理方法

目前我国施工企业的物料管理信息化水平比较低,缺乏整体系统分析,对物料数量的把控也不到位,易造成资源浪费,占用企业资金成本^[7]。然而,随着 BIM 技术的不断发展与成熟,近年来建筑行业对 BIM 在物料管理领域应用的研究逐渐增多。2015 年,Cheng 等^[8]提出基于 BIM 的自动物料物流规划管理框架,用于实现项目高效交付,以减少资源、空间浪费。2016 年,Yu 等^[9]开发基于 BIM 的现场物料供应动态模型,实现多种信息整合,施工效率提高近 20%。相关研究还有很多,马来西亚建筑行业近些年的研究方向逐步聚焦于 BIM 与材料管理集成领域,以解决项目全生命期问题,并提升信息化管理水平^[10]。

目前建筑领域对 BIM 技术的研究多侧重于 BIM 技术在设计阶段的应用,或施工阶段的进度模拟等问题^[11],对物料管理尤其是大型工程项目物料管理的研究不是很多。其中,多数研究只提出基于 BIM 技术的物料管理流程、优化方法与应用领域,并未真正形成可实现的应用系统^[4,7,11-12]。在实际应用方面,何田丰等^[13]提出基于 BIM 与物联网的钢结构桥梁跨平台物料管理方法,实现 PC 端、Web 端和移动端的物料状态可视化查询。重庆轨道 6 号线的二期站后工程采用 BIMCC 智慧工地系统对机电设备物资进行精确管理^[14]。通过以上研究可以发现,基于 BIM 的精细化管理可有效缩短工期、节约人力、优化管理流程、规范施工过程。施工阶段基于

BIM 技术的物资管理理论流程已相对完善,可应用的专业软件系统却很少,尤其是地面轨道交通大型工程项目施工领域。因此,研究人员在课题组原有研究^[15-16]基础上研发基于 BIM 平台的设备物资精细化管理系统,可进一步提升地铁等大型施工项目的物料管理效率,节约成本。

2 地铁施工设备物资精细化管理系统

2.1 系统组织流程

2.1.1 系统整体技术架构

系统整体技术架构如图 1 所示,由存储端、服务器端、客户端组成。存储端数据源由设备物资进/退场活动文件及验收报告组成,涉及施工过程设备物资管理的全流程数据。数据接收后,服务器端可通过相应引擎及算法实现数据上报、搜索、审批、预警及指令下达等功能。经处理的数据可通过云服务实现客户端可视化展示与相应功能呈现。

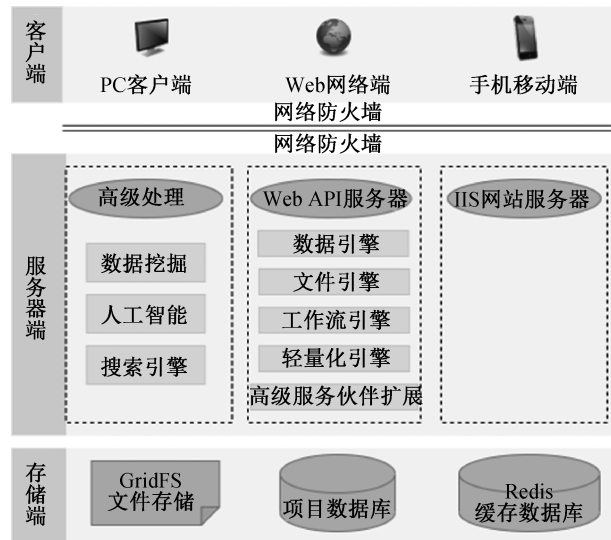


图 1 系统整体技术架构

2.1.2 系统功能架构(见图 2)

1)物资进场管理界面功能模块分为导航标题、项目组织结构树和进料计划表单,在项目组织树中可以选择目录树大纲级别或搜索内容;进料计划功能菜单包含数据透视分析工具、创建材料计划、删除信息和导出列表信息。创建材料二级窗口可添加材料及附件信息,完成后可发送审批。

2)施工设备进场管理包含施工设备进场和分类管理,用户可添加设备并进行进场审批、删除设备信息、导入施工设备清单列表、查看审批记录详情等操作,可快速实现设备进场信息化协同管理。同时设备类型和管理分类可根据录入的设备名称自动填充,支持设备表中没有的设备类型手动填写。

3)设备物资到场后,由施工方/集成商创建到

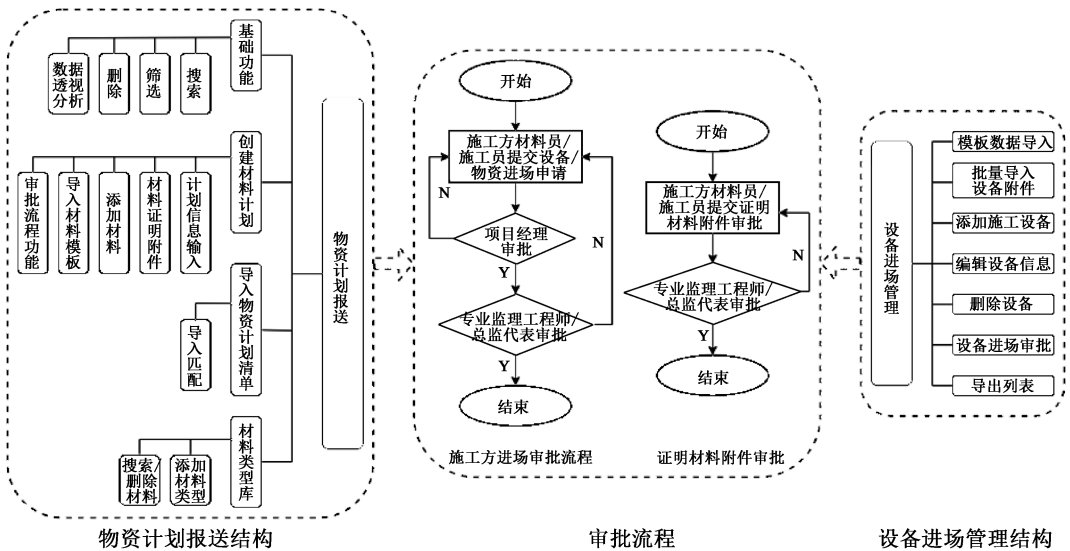


图 2 系统功能架构

场报审验收表,并选择进场的设备材料,由监理方审核后,确定最终进场的设备材料清单。进场的材料会抽样送检,检验合格后得到相关材料文件并且需要监理方审核,确保到场材料记录详细,为设备材料的全程跟踪提供数据基础。

2.2 系统项目应用

本系统是依据广州市轨道交通 18,22 号线工程需求,自主研发的地铁施工精细化管理系统子系统之一,用于解决地铁施工过程中大量土建、机电设备物资管理问题。

广州地铁 18,22 号线为市域快线,两条线路全长 93.1km,是国内首条时速 160km 的高规格地铁线路,对工期、技术、环保及管理等方面要求十分苛刻,具有施工标准高、规模大、专业多、工期紧、风险高等特点,需要采用大量新技术、新材料、新工艺、新设备。本项目根据广州市轨道交通施工工程需求,研发可通过 PC 端、Web 浏览器和移动设备使用的设备物资管理系统,实现高效、精细化管理。

2.2.1 系统功能实现

1)设备物资计划报送 系统可实现由施工项目的三维 BIM 模型自动计算工程量清单或集成第三方算量工具,根据施工计划,基于创建的 BIM 模型可导出相应时间节点内所需的构件种类及数目,结合相应物资单价即可推算所需土建、机电物资的数量及总价。系统支持材料计划单根据 BIM 模型直接导出,如需手动添加,可点击该窗口中的添加材料按钮添加材料信息,必填字段输入并确认后可完成材料信息添加。系统实现物资计划的线上报送及审批流程,根据工程进度信息超前提醒材料计划报送及进行报送流程审核超时提醒。

2)设备物资进/退场报审验 设备进场报审只选择需进场的设备,即可执行施工设备进场操作,同时可删除和编辑设备。点击保存可保存进场设备信息,点击发送进入进场审批流程,设备退场后可通过退场库申请再次进场。

物资进场报审需填报进场审批表,当进场报审通过监理审批后,系统同时发起材料使用审批,等待监理同意。创建材料进场审批窗口可下载材料清单模板,将需要进场报审的材料填入表单后上传,系统可自动读取材料清单数据,同时上传该批次材料的出厂合格证明或第三方检测证明附件,然后发起材料进场审批流程(见图 3)。用户也可利用手机客户端查询审批状态,进行设备物资进/退场申请,更加方便快捷。

本系统可实现进场设备物资线上报检验收流程,确保进/退场设备物资清单及验收记录线上归档,帮助监理方及施工方减少物料进场相关资料整理工作,提高工作效率。施工设备报审流程在进场审批基础上增添退场审批模块,同时,系统可完整保存物资相关进场活动文件,为设备材料全程跟踪提供数据基础,从而实现对监理及施工方的绩效考核,并为供应商综合评价提供数据依据,保存的进场活动文件及数据如表 1 所示。

3)设备物资出入库管理 系统支持对设备物资的出入库管理,根据施工组织设计及现场设备材料需求情况,系统能分析设备材料到货数量及计划时间,并结合实际进度及物资消耗情况进行库存预警,当累计入库量-累计出库量≤10 时,显示预警图标,提示库存不足。系统能动态跟踪不同批次物资进场及使用部位的位置信息,

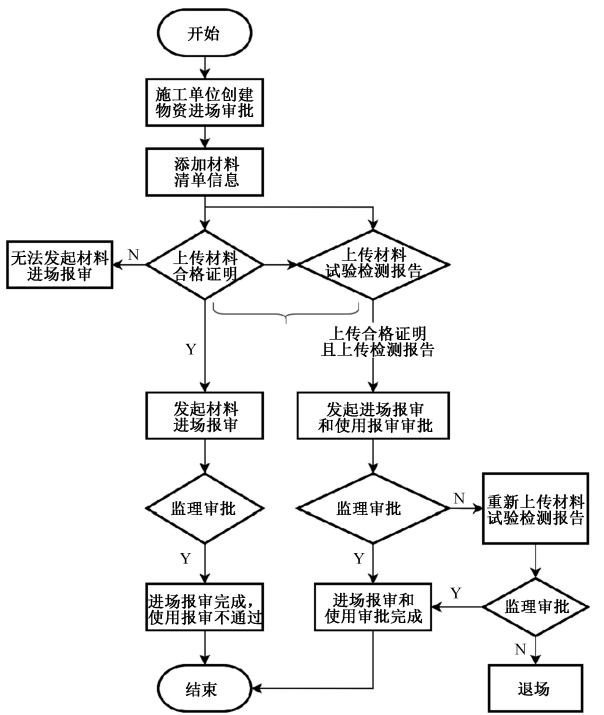


图 3 物资进场报审流程

表 1 保存的进场活动文件组成

保存文件	涉及数据	数据描述
物资进场审批表	项目 ID	创建时自动获取项目 ID
	项目组织 ID	创建时选择用户所属项目组织 ID
物资使用审批表	工点 ID	创建时选择项目组织下的工点 ID
	工程实体 ID	创建时选择工点下的工程实体 ID
材料合格证明	使用部位	创建进场审批表中填入
	供货渠道	创建时用户进行选择, 供货渠道包括甲供、乙供
材料试验检测报告	进场日期	创建进场审批时选择的进场日期
	使用备注	完成进场审批时的选项, 包括同意使用、双倍送检、工艺送检、退场
监理审批单	材料清单	进场报审包含的材料清单
	附件信息	创建进场审批与使用审批时传入的附件, 包括材料合格证明及原材料检测报告
	创建者 ID	自动获取创建时的用户
	创建时间	自动生成

并将物资使用部位信息反馈至 BIM 模型。

4)生成设备物资管理清单 系统支持清单扫码录入、表格批量导入等录入方式,包括但不限于物料到货清单、设备合同清单、资产移交清单等,并且支持关键词检索,实现用户在系统查看自动统计的清单实时数据,以减少人工核算工作,提高报表统计效率。

2.2.2 系统应用效果

本系统布局合理,操作简单易懂、响应时间短、功能丰富,可满足施工全过程的设备物资管理需求,大幅提升地铁施工管理水平。系统可完整保存

所有设备物资相关文件,为日后查阅、信息追踪提供数据支持。同时,通过地铁信息模型直接导出材料计划清单也可大幅减少人工核算时间,避免因计算错误造成的资源浪费,节约施工成本。也可以将物资使用部位信息反馈至 BIM 模型,方便系统根据实际物资使用情况动态调整进度计划。系统界面还可显示每日预计完成施工量与实际完成量的对比,使施工进度管理更便捷。

3 结语

目前,我国建筑领域对 BIM 技术的研究仍侧重于设计阶段应用或施工进度模拟等方面,对物料管理方面的研究多停留在理论阶段,少有实际落地的系统应用。本项目通过自主研发的基于 BIM 的管理平台及对设备物资管理流程的优化分析,提出设备物资精细化管理系统,是目前国内少有的自主研发大型工程项目施工精细化管理系统。经过工程验证,本系统设备物资管理流程可大幅降低人为因素导致的资源浪费,很大程度避免传统管理流程中重复冗余步骤,缩短项目周期。同时,系统将所有物料管理过程中的文件进行云端存储,方便全程追踪设备材料,比纸质文件更清晰、易保存。此外,系统通过简单调整即可用于其他大型施工项目的物料管理,有很强的可拓展性。

后续系统研发会考虑完善以下方面,以提升用户体验。

1)根据材料进料计划自动触发物资进场报验流程,确保及时性,根据后续到货数量直接形成库存量。

2)将施工计划关联 BIM 模型构件,平台通过预设不同材料加工时间和施工计划,提前自动生成材料订单并生成订单二维码发送至工厂。工厂在材料加工过程中将原料、加工工艺、加工时间、检验报告等相关信息补充至订单二维码。材料到达现场后,材料员检查材料质量后通过平台手机端材料报验功能扫描材料订单二维码,生成材料进场报验申请,审核相关材料信息完整性并发送至监理员。

参考文献:

[1] 刘亚明.浅谈我国地铁的发展历程[J].建筑界, 2013 (22):17.

[2] 夏晴.基于 BIM 技术的地铁项目施工阶段造价控制方法研究[D].广州:广州大学, 2020.

[3] 陈巍林, 卮海根.论现代建筑施工材料管理[J].现代商贸工业, 2009, 21(12):29-30.

设备全生命周期管理模式、FM 资产管理模式,基于 BIM 成果深度集成建筑动态运维信息,实现跨系统数据整合,形成数字化资产,让资产管理更加灵活便捷,溯本求源,有据可依。

2)智慧园博运营管理平台 CIM 级智慧园博运营管理平台基于超脑计算、BIM、人工智能、5G 等技术研发,保障项目从建设好走向运营好。平台建设内容有 7 项运营相关系统,8 项游客体验系统和 20 项基础管理系统。建设大数据集成+时空数据计算平台,利用大数据和 AI 从数据中获取知识解决旅游行业问题,提供点、线、面结合的顶层设计,所有子系统的时空数据集成至园博超脑平台,执行 AI 模型,对各管理业务线进行分析和判断。从解决旅游行业痛点出发提供开放式的生态平台,赋能整个园博园。指挥中心可以通过多主题界面的宏观数据实时查看园区状态。平台特色功能有:AI 客流量过载预警及疏导、刷脸游园、空域安全系统、AR 导览及虚拟体验等。

4 结语

BIM 技术在本项目的应用结合了全球地理信息系统(GIS)技术,整合全专业 BIM 模型,很好地为项目解决超大场地带来的多专业协同的难题,提前为项目发布专业的风险提示,避免现场大量返工,保证项目安全高效履约。同时,项目使用 BIM 技术为业主提供了充分的规划设计阶段论证和多方案对比,提高业主决策速度,保障现场施工进度合理平

稳推进。在古建建筑群中探索使用 BIM 技术,对现代木包钢结构、复杂卯榫节点进行深化设计,辅助技术方案交底,大大提高了现场项目管理质量。在其他应用中,BIM 技术充分发挥了其可视化、模拟性、协调性、优化性等的特性,为超大体量复杂文旅特色项目提供了 BIM 技术解决方案。基于 BIM+GIS 的运维管理平台和 CIM 级智慧园博运营管理平台为项目运营持续赋能,打造项目全生命期智建慧管。

参考文献:

[1] 李进军,蔡忠祥,张其林,等.基于 BIM 的三维激光扫描技术在复杂山地基础协同设计中的应用[J].建筑结构,2020,50(18):122-125,56.

[2] 张鹏飞.上海世博绿色智慧生态园区运维管理分析[J].绿色建筑,2017,9(6):15-18.

[3] 车登科.GIS+BIM 技术在某特色小镇建设中的应用[J].中国建筑金属结构,2021(3):112-115.

[4] 张珂,赵金宝,陆峰,等.砌体墙砌筑机器人结构稳定性分析及优化[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2021,37(2):346-353.

[5] 王海龙,高将.海南某星级酒店项目机电管线综合设计探讨[J].安徽建筑,2019,26(3):136-138.

[6] 卢勇东,杜思宏,庄典,等.数字和智慧时代 BIM 与 GIS 集成的研究进展:方法、应用、挑战[J].建筑科学,2021,37(4):126-134.

[7] 吴伟,原波,曹雪菲,等.BIM 技术在山地异型结构施工中的应用[J].建筑技术,2013,44(1):25-27.

[8] 汤毅,张勤,潘健,等.BIM 对机房装配化施工的探索与应用[J].安装,2020(6):75-77.

(上接第 4 页)

[4] 王君,车俊宝,张一帆.施工阶段基于 BIM 技术的物资全过程管理[J].价值工程,2017,36(22):73-77.

[5] 张建平,李丁,林佳瑞,等.BIM 在工程施工中的应用[J].施工技术,2012,41(16):10-17.

[6] 张明兔. BIM 技术在土木工程中的应用[D].武汉:湖北工业大学,2017.

[7] 赵彬,元晓远. 基于 BIM+技术的施工企业物料集成管理研究[J].项目管理技术,2017,15(2):70-75.

[8] CHENG J C, KUMAR S. A BIM-based framework for material logistics planning[C]//Conference of the international group for lean construction, 2015.

[9] YU Q, LI K, LUO H. A BIM-based dynamic model for site material supply[J]. Procedia engineering, 2016, 164:526-533.

[10] MOGALLI F, HUSSEIN A. Integration of building information modelling (BIM) with materials management in construction project[D]. University Tun Hussein Onn Malaysia, 2017.

[11] 周永杰,于津苹,高平. BIM 视角下的机电工程物料管理优化分析[J].项目管理技术,2016,14(10):61-68.

[12] 盛思安,田北平.基于 BIM 技术的施工阶段现场物料管理应用研究[J].价值工程,2017,36(30):77-78.

[13] 何田丰,姚发海,林佳瑞,等. 基于 BIM 与物联网的钢构桥梁跨平台物料管理方法研究[C]//第二届全国 BIM 学术会议论文,2016.

[14] 李刚,毛林章,李明,等.BIM 在工程机电设备物资管理中的应用[J].科学技术创新,2020(24):194-195.

[15] ZHOU Y, HU Z Z, ZHANG W Z. Development and application of an industry foundation classes-based metro protection information model [J]. Mathematical problems in engineering, 2018.

[16] HU Z Z, ZHANG J P, YU F Q, et al. Construction and facility management of large MEP projects using a multi-scale building information model[J]. Advances in engineering software, 2016, 100:215-230.